

PCT/DE 00/00183

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

DE00/00183



REC'D	03 AVR. 2000
WIPO	PCT

Eku

**Bescheinigung**

Die TIEDE GMBH & CO Rissprüf anlagen in Essingen/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren zur automatischen Fehlererkennung bei der  
Rissprüfung nach dem Farbeindringverfahren"

am 22. Januar 1999 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole G 01 N und G 06 K der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 21. März 2000

**Deutsches Patent- und Markenamt**

**Der Präsident**

Im Auftrag

Aktenzeichen: 199 02 525.8



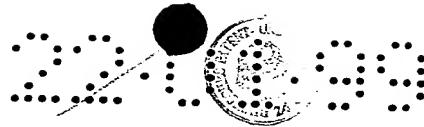
Dzierzon

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

A 9161  
06.90  
11/98

 (DPMA)



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur automatischen Fehlererkennung bei der Rißprüfung nach dem Farbeindringverfahren, wobei in an sich bekannter Weise Werkstücke für die Farbeindringprüfung mit farbstoffhaltigem Penetriermittel unter Anreicherung der Farbstoffe an Oberflächenfehlern behandelt und nach einer vorherbestimmten Entwicklungsdauer mittels mindestens einer Bildaufnahmeeinheit aufgenommen und in einer Bildverarbeitungseinheit die Aufnahmen durch Abtasten und Erkennen von Bereichen mit Farbstoffanreicherung Fehler bewertet und dementsprechende Signale ausgegeben werden.

Automatisierte optische Fehlererkennung bei der Farbeindringprüfung in Produktionsanlagen, die ständig zu überprüfende Werkstücke herstellen, wie bspw. Stranggußanlagen, Drahtendenprüfungen oder dergleichen ist bekannt. z.Zt. werden Bilder von Werkstücken mit Farbstoffen bereits optisch durch sogenannte optische Bilderkennung ausgewertet, wobei die durch das an sich bekannte Farbeindringverfahren sichtbar gemachten Fehler durch ein optisches Abtast- und Bilderkennungsverfahren erkannt und mit einer abgespeicherten Fehlerlogik verglichen werden.

Die Farbeindringprüfung ist auf erneutes Interesse gestoßen, da neuerdings häufig nicht-ferritische Leichtmetalle, wie Aluminium- oder Magnesiumlegierungen oder aber auch Titanlegierungen so für Aluminiumträger, Leichtmetallmotorblöcke etc. verwendet werden, außerdem findet auch Keramik in immer höherem Maße Einsatz, wie für Ventilbauteile, Beschichtungen von hochbeanspruchten Teilen. Es handelt sich dabei um Routineuntersuchungen - in-Prozeßkontrolle - auf Risse bei nicht magnetisierbaren Werkstücken, wie solchen aus Magnesium- oder Aluminiumlegierungen oder Keramik.

Es handelt sich also hier um Rißprüfverfahren, in denen in an sich bekannter Weise Werkstücke für die Farbeindringprüfung mit Farbstoffe aufweisendem Prüfmittel unter Anreicherung der Farbstoffe an Oberflächenfehlern behandelt und unter Beleuchtung durch eine Beleuchtungseinrichtung, wie UV-Lampen bei Fluoreszenzfarbstoffen, aber auch Lasern oder anderen Lampen bei entsprechend absorbierenden Farbstoffen, bewertet werden.

22.01.99

5

Die Werkstücke werden dabei üblicherweise für die Farbeindringprüfung vorbereitet, indem sie gereinigt, ggf. gebeizt und getrocknet werden, mit einem Farbstoffe, insbesondere auch Fluoreszenzfarbstoffe, aufweisenden Prüfmittel unter Anreicherung der Farbstoffe an Oberflächenfehlern, insbesondere Rissen, besprüht, sodann vom überschüssigen farbstoffhaltigen Prüfmittel, bspw. durch Abstreifen oder Abwischen befreit, das so behandelte Werkstück ggf. mit einem Entwickler behandelt und sodann nach einer vorherbestimmten Entwicklungszeit unter UV- oder sichtbarem Licht aufgenommen und ausgewertet wird. Da die Zeit, in der die Risse nach der Entwicklung gut erkennbar sind, sehr kurz ist - häufig im Bereich von unter einer Minute liegt, sollt genau innerhalb eines bestimmten reproduzierbaren Zeitraums nach Entwicklung gemessen wird.

Bisher wurden diese Farbeindring-Untersuchungen meist von Bedienungspersonal durchgeführt und durch Augenschein ausgewertet. Die Anmelderin hat bereits derartige Verfahren zur Farbeindringprüfung vorgeschlagen, nebst zugehöriger Vorrichtung. Da eine häufige Fehlermöglichkeit die Ermüdung der Personen, die diese Prüfung übernehmen ist wurden bereits automatisierte Erkennungsanlagen über Bildverarbeitung vorgeschlagen, bspw. in der DE 19639020.6 oder der DE 19645377.1, auf die zur Vermeidung von Wiederholungen in vollem Umfang bezug genommen wird.

Aus der DE 39 07 732 ist bereits ein Verfahren zum Überwachen einer Vorrichtung zum Auswerten von Oberflächenrissen mittels des Farbeindringverfahrens bekannt geworden, bei dem die Lampenintensität und die Prüfmittelqualität überwacht werden und bei nicht zufriedenstellenden Resultaten die Anlage abgeschaltet wird und mittels Kameras die Prüflingsqualität geprüft wird. Die Überwachungssignale werden dort aber nur zum Abschalten der Anlage verwendet - eine Nachregelung des Prüfmittelgehalts oder aber der Lampenintensität ist dort nicht vorgesehen, geschweige denn eine Dokumentation der Daten über das Anlagenverhalten. Somit ist diese bekannte Anlage nur dazu imstande, ein Abschalten der Anlage durchzuführen.

Aus der 19645377.1 ist es bereits bekannt, die Sicherheit und Überprüfbarkeit der Anlage zu überprüfen und zu dokumentieren. Gemäß der 19645377.1 wird vorgeschlagen, die Änderung der Einstellung von Bildaufnahmeeinrichtungen, wie des Focus oder aber der geometrischen Anordnung der Aufnahmeeinrichtung zum

22.01.99

6

Prüfling, die leicht verändert werden, automatisch zu überprüfen; desgleichen weitere die Prüfung stark beeinflussende Parameter, wie die Güte des Reinigungsmittels, der Prüfflüssigkeit, des Beizmittels sowie der Temperatur.

Es wird bei dem bekannten Verfahren bereits sowohl das Prüfverfahren und seine Grenzen, Testfehler und seine Handhabung, Leistungsabgrenzung, Toleranzangaben usw., die heute erwünscht sind, überwacht und die Aufzeichnung bzw. Dokumentation der Ergebnisse sowie der Reproduzierbarkeit der Ergebnisse - also auch der Überprüfung des Funktionserhalts der Überprüfungsanlage selbst gewährleistet. Dies liefert eine zusätzliche Sicherheit, wenn in, insbesondere automatischen, Prüfanlagen über eine längere Betriebszeit hinweg Gesichtspunkte zur Senkung der Kosten oder Erhöhung der Sicherheit, daß fehlerhaft einzustufende Werkstücke sicherer beurteilt werden könnten, anstehen.

Durch regelmäßigen Durchlauf von sogenannten Testkörpern mit vorgegebenen Testfehlern kann festgestellt werden, ob diese noch richtig erkannt wurden - durch dieses Verfahren konnte allerdings nur festgestellt werden, daß der Testkörper nicht erkannt wurde, nicht aber, warum nicht. Da keine Dokumentation erstellt wurde, war auch nicht nachvollziehbar, ab wann die Anlage unzufriedenstellend arbeitete und warum.

Die Messungen werden dabei mit Penetriermittel durchgeführt, das aufgrund von Oberflächenspannungsphänomenen in Vertiefungen und andere Oberflächenveränderungen, wie Fehlern, Lunkern, Poren, Vertiefungen kriecht. Dabei kriecht - bei Veränderungen der Penetriermittel mit der Zeit, wie sie durch Konzentrationsveränderungen durch Verdampfung des Lösemittels des Penetriermittels, Vermischung mit Bestandteilen des Werkstücks (Restfettgehalt, Verschmutzung etc.) über die Zeit auftreten, wird daher bisher eine Messung innerhalb eines relativ kurzen Zeitraums nach der Behandlung des Werkstücks mit Penetriermittel/Entwickler durchgeführt - danach verändern sich die Fehleranzeichen - dies wird als „Ausblühen“ des Fehlers bezeichnet. Dies bedeutet, daß die scharfe Anreicherung des Penetriermittelfarbstoffs am/im Fehler nachläßt und der Farbstoff wieder aus dem Fehler herauswandert und so der Kontrast ständig schlechter wird. Die Fehlerauswertung nach dem Farbpulververfahren unterliegt somit dynamischen Veränderungen, die das Meßergebnis stark beeinflussen. Diese Veränderungen der Fehleranzeige mit der Zeit konnten selbst durch die hohe Selbstüberprüfungseigen-

22.01.99

7

schaften der bekannten Anlagen noch nicht berücksichtigt werden. Durch die Dynamik der Fehleranzeige traten häufig Fehler auf, da der Zeitraum zwischen dem Aufbringen von Penetriermittel/Entwickler und Aufnahme des Prüflings durch eine Bildverarbeitungseinheit nicht exakt eingehalten wurde. Nach dem Stand der Technik traten aufgrund des dynamischen Verhaltens der Fehleranzeigen häufig Fehlbewertungen auf, da einige Fehler überbewertet und andere wegen schnellen „Ausblühens“ nicht erkannt wurden.

Dementsprechend war die Sicherheit und die Effektivität von Rißprüf anlagen nach dem Farbeindringverfahren bereits verbessert worden - es verblieb aber immer noch das Problem, daß je nach Werkstück sich die Penetrierflüssigkeit sehr unterschiedlich anreichert. Dabei ist sowohl die Oberflächenbeschaffenheit der Werkstücke und die darauf ausgebildete Oberflächenspannung der Penetrierflüssigkeit von Material zu Material unterschiedlich - ein Ausblühen der Fehleranzeige erfolgt je nach Art des Fehlers - also abhängig von der Fehlertiefe, Porigkeit des Materials oder aber Glätte der Oberfläche unterschiedlich schnell.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur verbesserten Erkennung von Fehlern mit der Penetriermittelprüfung zu schaffen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein gattungsgemäßes Verfahren durch die Schritte:

- Aufnehmen desselben Werkstücks zu mindestens zwei Zeiten  $t_1, t_2$  nach der Behandlung mit Penetriermittel und ggf. Entwicklung unter Erhalt von mindestens zwei Aufnahmen  $A_1, A_2$ ,
- Vergleichen der zu diesen verschiedenen Zeiten  $t_1, t_2$  hergestellten Aufnahmen  $A_1, A_2$  und Auswertung des Vergleichs durch die Auswertelogik der Bildverarbeitungseinheit, und
- Ausgeben von Signalen durch die Auswertelogik entsprechend Bereichen auf den Aufnahmen mit Veränderungen der Penetriermittelanreicherung über den Zeitraum  $\Delta t_1, t_2$ , die oberhalb eines Veränderungsschwellenwertes für eine Referenzzeitdifferenz liegen; und
- Bewertung der gemessenen werkstückbezogenen Parameter zur Herstellung von Bewertungsgrößen der Rißbildung, wie Gut/Schlecht-Aussage, Fehlergrößenbeurteilung nach vorgegebenem Größenintervall oder in vorgegebenem Oberflächenbereichl, gelöst.

22.01.99

8

Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Dadurch, daß nun das dynamische Verhalten der an Oberflächendiskontinuitäten angereicherten Farbstoffe zuverlässig erfaßt und ausgewertet ist, ist eine völlig neue Bewertung der Oberflächenfehler möglich. Das Erfassen des zeitlichen Verhaltens der Fehleranzeige durch bildverarbeitende Verfahren durch Aufnehmen in zeitlichen Abständen und Berechnen der Unterschiede der Kontraste ermöglicht durch automatische Auswertung der Unterschiede der zu verschiedenen Zeiten aufgenommenen Aufnahmen seitens der Datenverarbeitung Fehler zu klassifizieren, zu bewerten und entsprechend einer Anzeige mit Fehlern bestimmter Art auszugeben.

Gegenüber der bisher meist durchgeführten Bewertung durch Menschen besitzt das erfindungsgemäße Verfahren den Vorteil, daß die menschlichen Fehler, die bei längerem Betrachten von stets ähnlichen Bildern unvermeidbar auftreten, vermieden werden können, da Kameras keine Ermüdungserscheinungen haben können.

Überraschenderweise ist es daher nun erfindungsgemäß möglich, Fehler über das dynamische Verhalten der Fehleranzeige mit der Zeit zu klassifizieren. Dadurch, daß in eine derartige Anlage Anfangswerte werden und abgespeichert sind, können die Anlagen auf die verschiedensten Prüflinge und Prüfflüssigkeiten eingestellt werden. Durch die Auswertung der Fehleranzeigen über Aufnahmeeinrichtungen ist es nun auch möglich, ein dokumentiertes Prüfprotokoll von den überwachten Betriebsgröße zu erstellen.

Es ist günstig, wenn die optische Bildverarbeitung durch Setzen von Fenstern und Abtasten des Fensters durch die Bildaufzeichnungseinheit, das Auswählen und Auswerten und die Rißfehleranzeige automatisch mit dem Prüfablauf (Zeittakt) verknüpft und Verarbeitung der daraus erhaltenen Daten in einem Rechner erfolgt.

Dabei kann vorgesehen sein, daß eine Aufnahmeeinrichtung Aufnahmen in zeitlich fest vorherbestimmtem Abstand herstellt. Durch Vorsehen einer einzigen Aufnahmeeinheit, die mindestens zwei Aufnahmen in einem zeitlich festen Abstand herstellt, kann die Baugröße der Rißprüf anlage sowie deren Kosten gering gehalten

22.01.99

9

werden und außerdem Probleme, die durch Verwendung mehrerer Aufnahmeeinheiten, die nicht vollständig gleich arbeiten, umgangen werden.

Es ist aber auch möglich, das zu prüfende Werkstück an mindestens zwei mit Abstand voneinander angeordneten Aufnahmeeinrichtungen K1, K2 ....Kn in gleicher räumlicher Orientierung durch eine Fördereinrichtung vorzuführen, so daß von den verschiedenen Aufnahmeeinrichtungen K1, K2...Kn. Aufnahmen A1, A2 ..An des Werkstücks in gleichbleibender räumlicher Orientierung, aber zu verschiedenen Zeiten nach der Behandlung mit Penetriermittel hergestellt werden, die Aufnahmen A1, A2...An der verschiedenen Aufnahmeeinrichtungen miteinander durch eine Auswertelogik zu vergleichen und aus den Unterschieden der Aufnahmen in Abhängigkeit von den zwischen den Aufnahmen verstrichenen Zeitintervallen Signale zu bilden, die dann signifikant für die Art der Fehler bzw. deren dynamisches Verhalten sind. Die Verwendung eines Förderers und mehrerer Aufnahmeeinrichtungen hat den Vorteil, eine sehr schnelle Prüfung vieler Teile zu ermöglichen.

Es ist sinnvoll, im Speicher der Auswertelogik Solldaten  $\Delta A1, A2$  sowie Daten über die Zeitdifferenz  $\Delta tn, tn+1$  zwischen den jeweiligen zwischen den Aufnahmen verstrichenen Zeiträumen abzuspeichern und die Auswertelogik vergleichen zu lassen, ob die gemessenen Differenzwerte innerhalb der vorgegebenen Sollwerte liegen. Dadurch ist es möglich, nur Fehler, die innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls angezeigt werden, auszuwählen.

Falls kein festes Zeitintervall zwischen zwei Messungen eingestellt wird, kann dies durch Messen der Zeitdifferenz  $tn, tn+1$  zwischen zwei Aufnahmen An, An+1 der Aufnahmeeinrichtung und Zuordnung dieses Zeitraums  $\Delta tn, tn-1$  zu der ermittelten Kontrastveränderung in dieser Zeit ersetzt werden. Dies wird bspw. notwendig, falls Teile nicht zu vorbestimmten Zeiten an den Aufnahmeeinrichtungen vorbeigeführt werden können.

Es ist in jedem Fall empfehlenswert, durch Überwachungseinheiten Anlagenbestandteile in vorherbestimmten Zeiträumen zu überwachen und Überwachungssignale abgegeben zu lassen, die von der Meßwerteverarbeitungseinheit überprüft und dementsprechend Signale abgegeben werden. Dabei kann die geometrische Anordnung, Focus und auch Funktion der mindestens einen Aufnahmeeinrichtung; und/oder die Funktionsfähigkeit der im Verfahren eingesetzten Flüssigkeiten: der

Prüfflüssigkeit und/oder der Entwicklerflüssigkeit und/oder der Beizmittelflüssigkeit und/oder des Reinigungsmittels und/oder Bäderdaten, wie die Badtemperatur/en; Füllstände; Verschmutzung durch Überwachungseinrichtungen überprüft werden. Diese Überwachungssignale können zur Steuerung der Anlage, bspw. von Nachregeleinheiten, eingesetzt werden.

Im Sinne des Nachweises der Funktionsfähigkeit der Anlagen und der Genauigkeit der Qualitätskontrolle durch das erfindungsgemäße Verfahren ist es meist notwendig und unabdingbar, daß die Überwachungssignale/und oder die Signale der Meßwertverarbeitungseinheit auf einem Medium aufzuzeichnen. Dafür ist es auch meist notwendig, unmittelbar werkstückbezogene Parameter, wie Teile-Identifizierungs-Nummern, Stückzahl zu messen und ggf. aufzuzeichnen.

Über die Überwachungssignale kann die Beleuchtungsintensität und/oder der Sensorsensitivität der Beleuchtungsüberwachungssensoren und/oder die Prüfmittelkonzentration und -menge und/oder die Reinigungsmittelkonzentration und -menge und/oder das Reinigungsmittel und/oder die Beizmittelkonzentration und -menge und/oder Einstellungen der Bildaufnahmeeinheit/en, wie der geometrischen Anordnung des Focus oder der Empfindlichkeit nachgeregelt werden.

Als „Integraltest“ der Anlage können automatisch Prüfstücke mit Referenzfehler durchgeschleust und durch deren Messung die Funktionsfähigkeit der gesamten Anlage überprüft werden.

Selbstverständlich kann in üblicher Weise beim erfindungsgemäßen Verfahren auch die bereits n; Überprüfung der Bestrahlungseinrichtungen und der Strahlungsmeßeinrichtungen auf Funktionsfähigkeit kann nun die Funktion der Prüfanlage überwacht und auf gleichem Niveau gehalten werden. Dadurch, daß nun auch die Funktion der Überprüfungsanlage und deren Einzelbestandteile automatisch in vorgegebenen Intervallen erfolgen kann, sind folgende Vorteile gewahrt:

Es ist nun erstmals möglich, eine Unterscheidung der Fehler auf einem Prüfling automatisch durchzuführen und damit die Genauigkeit und Aussagekraft des Verfahrens erheblich zu verbessern, wobei auch eine Kontrolle des Verhaltens der Anlage über die gesamte Betriebszeit eingeschlossen einer Dokumentation derselben erfolgen kann.

22.01.99

11

Nachfolgend werden bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung anhand der schematischen Zeichnung näher erläutert, wobei die Erfindung aber keineswegs auf diese Ausführungsform begrenzt ist, sondern dem Fachmann beliebige weitere Ausführungsformen geläufig sind. In dieser zeigt:

Fig. 1 ein Blockdiagramm eines Farbeindringprüfverfahrens

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Rißprüf-anlage nach einer ersten Ausführungsform der Erfindung; und

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Rißprüf-anlage nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung mit mehreren Aufnahmeeinrichtungen.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich, wird beim Rißprüfverfahren nach der Farbeindringmethode ein - meist nicht ferritisches - Prüfteil vorgereinigt, ggf. gebeizt und getrocknet und sodann mit dem Prüfmittel - auch als Farbeindringmittel bezeichnet - behandelt. Das überschüssige Farbeindringmittel wird nach einem bestimmten Zeitraum abgenommen, das Werkstück zwischengereinigt und sodann mit einer Entwicklerlösung behandelt. Nach der Entwicklungszeit wird das Werkstück ggf. getrocknet und zu verschiedenen Zeiten inspiziert und dann aufgrund der unterschiedlichen Aufnahmen zu verschiedenen Zeiten Aussage über die Fehlerhaftigkeit des Werkstückes getroffen, die ggf. auch dokumentiert wird.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich, wird ein entwickeltes Werkstück 10 als Prüfling in eine Prüfstation geführt, in der durch Sprühdüsen das Aufbringen des Farbeindringmittels aus einem Farbeindringmitteltank 12 schematisch dargestellt wird - tatsächlich durchläuft der Prüfling mehrere Stationen, in denen er mit Reinigungs- und Beizlösungen sowie Entwicklerlösungen und Farblösungen behandelt wird, die hier nicht dargestellt sind. In der Leitung zu den Sprühköpfen ist eine Prüfmittel-überprüfungs- und Nachdosieranlage 17 in line vorgesehen, bevorzugt eine solche nach der DE-A-4438510.2.

Dort wird das Prüfmittel auf Funktionsfähigkeit überprüft und es kann ggf. Farbstoff od. dgl. in den Tank 12 nachdosiert werden, falls dies notwendig ist. Der Prüfling wird bei dieser Ausführungsform, die mit fluoreszenzfähigem Farbstoff arbeitet, mit-

22.01.99

11

tels einer UV-Lampe 11 bestrahlt, die wiederum in an sich bekannter Weise überwacht und deren Strom entsprechend nachgeregelt werden kann.

Aus einem Vorratsbehälter 12 (bei einfacheren Ausführungsformen mittels eines Sprays), der an eine Umwälzpumpe angeschlossen ist, wird über eine Zuführleitung mittels Sprühköpfen 13 einer Sprühhanlage Prüfflüssigkeit 13a, die der Markierung der Oberflächenfehler dient, zugeführt und über die Oberfläche des Werkstückes 10 zerstäubt. Die Prüfflüssigkeit verteilt sich nun auf dem Werkstück, wobei sich die Farbstoff-Partikel - wie als physikalisches Phänomen allgemein bekannt - durch die Oberflächenspannung an Rissen konzentrieren. An diesen Stellen findet sich dann eine erhöhte Partikelkonzentration. Die überflüssige Prüfflüssigkeit wird, bspw. durch Abwischen, entfernt. Anschließend wird der Prüfling mit einer Entwicklerflüssigkeit bearbeitet. Nach Verstreichen einer - experimentell für jede Prüfanordnung und Prüflinge zu bestimmenden Entwicklungszeit wird dann durch eine Lampe 11 - die Oberfläche des Werkstücks 10 bestrahlt, dadurch die Prüfflüssigkeitspartikel zum Fluoreszieren oder aber zur Absorption gebracht und die im Bereich der Oberflächenrisse sich anreichernden Farbstoffpartikelchen durch eine Kamera 16 aufgenommen und diese Aufnahme in der Bildverarbeitungsanlage 22 abgespeichert. Nach einem Zeitintervall von etwa 20 - 150 Sekunden erfolgt eine zweite Aufnahme, die ebenfalls in der Bildverarbeitungsanlage 22 abgespeichert wird. Diese beiden Aufnahmen werden nun durch eine Auswertelogik der Bildverarbeitungseinheit miteinander verglichen und dem Vergleichswert das Zeitintervall zugeordnet. Ggf. können auch noch weitere Aufnahmen zu anderen Zeitpunkten aufgenommen und verarbeitet werden. Die berechneten Vergleichswerte werden dann in der Auswertelogik mit einer abgespeicherten Sollwerttabelle verglichen und derart festgestellt, ob die Bildänderungswerte innerhalb eines vorbestimmten Bereichs oder über einem vorbestimmten Schwellenwert liegen. Dementsprechend kann dann eine Fehleranzeige durch die Auswertelogik ausgegeben werden, die zur Klassifikation oder aber auch zum Verwerfen des gemessenen Teils führen kann. Bevorzugt gehört zur Funktionssicherheit der Anlage eine Selbstüberprüfungseinrichtung zur Kontrolle bzw. Selbstkontrolle zugehöriger Arbeitsparameter d. h. die Einhaltung der jeweiligen Betriebsgrößen innerhalb des vorgeschriebenen Wertintervalle. Eine solche Selbstüberprüfungsanlage kann, wenn die Überprüfungswerte sich außerhalb eines erwünschten Meßwertbereiches befinden, innerhalb bestimmter Grenzen nachregeln - dadurch kann unnötige Materialverschwendungen, wie sie durch vorzeitigen Ersatz des Markierungsmittels

22.01.99

oder auch durch vorzeitigen routinemäßigen Austausch der Beleuchtung, wie einer UV-Lampe od. dgl. auftritt, vermieden werden. Dadurch erhöht sich die Standzeit der Prüfanlage beträchtlich, sie kann länger unterbrechungsfrei laufen und die damit zusammenhängenden Betriebskosten, als auch die für Material und Energie werden darausfolgend ebenfalls abgesenkt. Die Selbstüberprüfungseinrichtung 14 ist bevorzugt an eine Dokumentationseinrichtung 30 angeschlossen, in der sie Prüfprotokolle erstellt, anhand derer die Funktionsfähigkeit der Anlage nachgewiesen werden kann.

In Fig. 3 ist eine weitere Ausführungsform einer Anlage zur Durchführung eines erfindungsgemäßen 'Verfahrens schematisch dargestellt. Dabei können Meßeinheitengruppen 16, 16' 16" ihre Aufnahmen abgeben, die dem jeweiligen Eingang einer Bildverarbeitungseinheit 22 eingespeist werden. Dabei werden von jedem Werkstück 10 mindestens zwei Aufnahmen zu verschiedenen Zeiten erstellt und die Unterschiede der beiden Aufnahmen - bspw. durch Differenzbildung - ermittelt. Diese Unterschiede können bspw. in ein Anzeigesichtgerät 20 aber auch in eine nachgeschaltete Sortiereinrichtung eingespeist werden, die automatisch als schlecht klassifizierte Teile aussondert.

Die Erfassung des auf Helligkeitswerte zurückgehenden Datenflusses kann statt von einer Kamera vorteilhaft auch durch eine Diodenzelle oder andere geeignete Mittel, wie sie dem Fachmann geläufig sind, geschehen. Selbstverständlich kann die Dokumentation über Datenfernübertragung auch von der Vorrichtung entfernt erstellt und abgespeichert werden.

Dadurch, daß nun erstmals das kinetische Verhalten von Prüfmittel an Oberflächen von Werkstücken ausgewertet wird, ist es nun überraschenderweise möglich, Fehler zu klassifizieren und so genauere Unterscheidungen zwischen Ausschuß und brauchbaren Teilen sowie ggf. eine Qualitätsstrukturierung der Teile bspw. in A- und B- Qualität - vorzusehen.

Obwohl die Erfindung anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels erläutert wurde, sind dem Fachmann Abwandlungen, die unter den Schutzmumfang der Ansprüche fallen, geläufig. Die Erfindung ist daher keineswegs auf die beschriebene Ausführungsform begrenzt.

22.01.99

AC

1

Bezugszeichenliste

- 10 Werkstück
- 11 Lampe
- 12 Vorratsbehälter für Prüfflüssigkeit
- 13 Sprühdüsen für Farbeindringmittel
- 13a Prüfflüssigkeit
- 14 Selbstprüfeinheit
- 15 Meßeinheit für Reinigungsmittel u/od Entwicklerflüssigkeit
- 16, 16', 16" Aufnahmeeinheit
- 17 Meßeinheit für das Prüfmittel
- 18 Meßeinheit für Strahlungsintensität der Lampe
- 20 Anzeigevorrichtung
- 21 Nachregelungseinheit
- 22 Bildverarbeitungsanlage
- 25 Prozeßrechner
- 30 Drucker

22.01.99

15

### Ansprüche

1. Verfahren zur automatischen Fehlererkennung bei der Rißprüfung nach dem Farbeindringverfahren, wobei in an sich bekannter Weise Werkstücke für die Farbeindringprüfung mit farbstoffhaltigem Penetriermittel unter Anreicherung der Farbstoffe an Oberflächenfehlern behandelt und nach einer vorherbestimmten Entwicklungsdauer mittels mindestens einer Bildaufnahmeeinheit aufgenommen und in einer Bildverarbeitungseinheit die Aufnahmen durch Abtasten und Erkennen von Bereichen mit Farbstoffanreicherung Fehler bewertet und dementsprechende Signale ausgegeben werden, gekennzeichnet durch

- Aufnehmen desselben Werkstücks zu mindestens zwei Zeiten  $t_1, t_2$  nach der Behandlung mit Penetriermittel und ggf. Entwicklung unter Erhalt von mindestens zwei Aufnahmen  $A_1, A_2$ ,
- Vergleichen der zu diesen verschiedenen Zeiten  $t_1, t_2$  hergestellten Aufnahmen  $A_1, A_2$  und Auswertung des Vergleichs durch die Auswertelogik der Bildverarbeitungseinheit, und
- Ausgeben von Signalen durch die Auswertelogik entsprechend Bereichen auf den Aufnahmen mit Veränderungen der Penetriermittelanreicherung über den Zeitraum  $\Delta t_1, t_2$ , die oberhalb eines Veränderungsschwellenwertes für eine Referenzzeitdifferenz liegen; und
- Bewertung der gemessenen werkstückbezogenen Parameter zur Herstellung von Bewertungsgrößen der Rißbildung, wie Gut/Schlecht-Aussage, Fehlergrößenbeurteilung nach vorgegebenem Größenintervall oder in vorgegebenem Oberflächenbereich.

2. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Bildverarbeitung durch Setzen von Fenstern und Abtasten des Fensters durch die Bildaufzeichnungseinheit, das Auswählen und Auswerten und die Rißfehleranzeige automatisch mit dem Prüfablauf (Zeittakt) verknüpft und Verarbeitung der daraus erhaltenen Daten in einem Rechner erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Aufnahmeeinrichtung Aufnahmen in zeitlich fest vorherbestimmtem Abstand herstellt.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß
  - das Werkstück an mindestens zwei mit Abstand voneinander angeordneten Aufnahmeeinrichtungen K1, K2 ....Kn in gleicher räumlicher Orientierung durch eine Fördereinrichtung vorbeigeführt wird, so daß von den verschiedenen Aufnahmeeinrichtungen K1, K2...Kn. Aufnahmen A1, A2 ..An des Werkstücks in gleichbleibender räumlicher Orientierung, aber zu verschiedenen Zeiten nach der Behandlung mit Penetriermittel hergestellt werden, und
  - die Aufnahmen A1, A2...An der verschiedenen Aufnahmeeinrichtungen miteinander durch eine Auswertelogik verglichen und aus den Unterschieden der Aufnahmen in Abhängigkeit von den zwischen den Aufnahmen verstrichenen Zeitintervallen Signale gebildet werden.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Speicher der Auswertelogik Solldaten  $\Delta A1, A2$  sowie Daten über die Zeitdifferenz  $\Delta tn, tn+1$  zwischen den jeweiligen zwischen den Aufnahmen verstrichenen Zeiträumen abgespeichert werden, und die Auswertelogik vergleicht, ob die gemessenen Differenzwerte innerhalb der vorgegebenen Sollwerte liegen und dementsprechend Signale abgegeben werden.
6. Verfahren nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch Messen der Zeitdifferenz  $tn, tn+1$  zwischen zwei Aufnahmen An, An+1 der Aufnahmeeinrichtung und Zuordnung dieses Zeitraums  $\Delta tn, tn-1$  zu der ermittelten Kontrastveränderung in dieser Zeit.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß durch Überwachungseinheiten Anlagenbestandteile in vorherbestimmten Zeiträumen überwacht und Überwachungssignale abgegeben werden, die von der Meßwerteverarbeitungseinheit überprüft und dementsprechend Signale abgegeben werden,

22.01.99

77

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die geometrische Anordnung, Focus und auch Funktion der mindestens einen Aufnahmeeinrichtung; und/oder die Funktionsfähigkeit der im Verfahren eingesetzten Flüssigkeiten: der Prüfflüssigkeit und/oder der Entwicklerflüssigkeit und/oder der Beizmittelflüssigkeit und/oder des Reinigungsmittels und/oder Bäderdaten, wie die Badtemperatur/en; Füllstände; Verschmutzung durch Überwachungseinrichtungen überprüft und Überwachungssignale abgegeben werden.
9. Verfahren nach A7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Überwachungs- signale zur Steuerung der Anlage, bspw. von Nachregeleinheiten, eingesetzt werden.
10. Verfahren nach A6, dadurch gekennzeichnet, daß die Überwachungs- signale/und oder die Signale der Meßwertverarbeitungseinheit auf einem Medium aufgezeichnet werden.
11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, ferner dadurch gekenn- zeichnet, daß unmittelbar werkstückbezogene Parameter, wie Teile-Identifizierungs- Nummern, Stückzahl gemessen und ggf. aufgezeichnet werden.
12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeich- net, daß über die Überwachungssignale die Beleuchtungsintensität und/oder der Sensorempfindlichkeit der Beleuchtungsüberwachungssensoren und/oder die Prüfmittelkonzentration und -menge und/oder die Reinigungsmittelkonzentration und -menge und/oder das Reinigungsmittel und/oder die Beizmittelkonzentration und -menge und/oder Einstellungen der Bildaufnahmeeinheit/en, wie der geome- trischen Anordnung des Focus oder der Empfindlichkeit nachgeregelt wird.
13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeich- net, daß automatisch Prüfstücke mit Referenzfehler durchgeschleust werden und durch deren Messung die Funktionsfähigkeit der gesamten Anlage überprüft wird

22.01.99

3

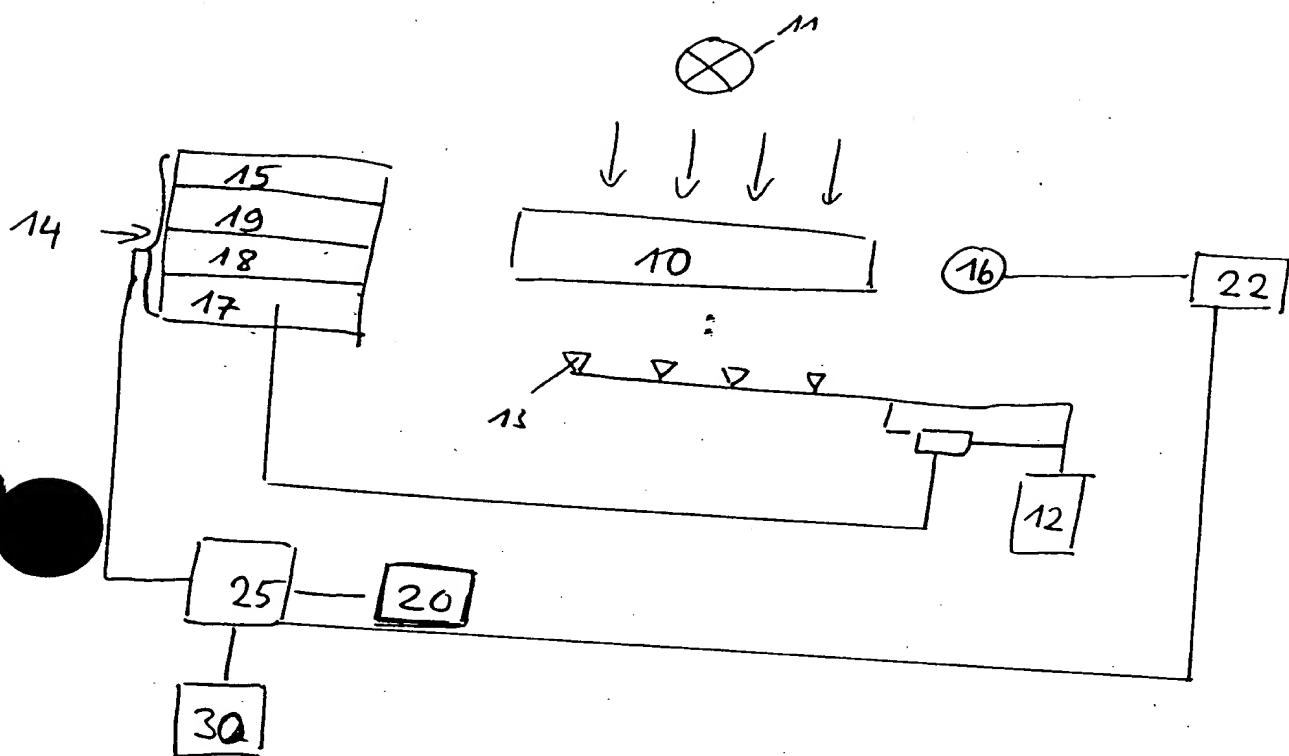


FIG. 2

## Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur automatischen Fehlererkennung bei der Rißprüfung nach dem Farbeindringverfahren, wobei in an sich bekannter Weise Werkstücke für die Farbeindringprüfung mit farbstoffhaltigem Penetriermittel unter Anreicherung der Farbstoffe an Oberflächenfehlern behandelt und nach einer vorherbestimmten Entwicklungsdauer mittels mindestens einer Bildaufnahmeeinheit aufgenommen und in einer Bildverarbeitungseinheit die Aufnahmen durch Abtasten und Erkennen von Bereichen mit Farbstoffanreicherung Fehler bewertet und dementsprechende Signale ausgegeben werden, mit: Aufnehmen desselben Werkstücks zu mindestens zwei Zeiten  $t_1$ ,  $t_2$  nach der Behandlung mit Penetriermittel und ggf. Entwicklung unter Erhalt von mindestens zwei Aufnahmen A1, A2; Vergleichen der zu diesen verschiedenen Zeiten  $t_1$ ,  $t_2$  hergestellten Aufnahmen A1, A2 und Auswertung des Vergleichs durch die Auswertelogik der Bildverarbeitungseinheit; Ausgeben von Signalen durch die Auswertelogik entsprechend Bereichen auf den Aufnahmen mit Veränderungen der Penetriermittelanreicherung über den Zeitraum Delta  $t_1$ ,  $t_2$ , die oberhalb eines Veränderungsschwellenwertes für eine Referenzzeitdifferenz liegen; und Bewertung der gemessenen werkstückbezogenen Parameter zur Herstellung von Bewertungsgrößen der Rißbildung, wie Gut/Schlecht-Aussage; Fehlergrößenbeurteilung nach vorgegebenem Größenintervall oder in vorgegebenem Oberflächenbereich.

Fig. 2

22.01.00 18

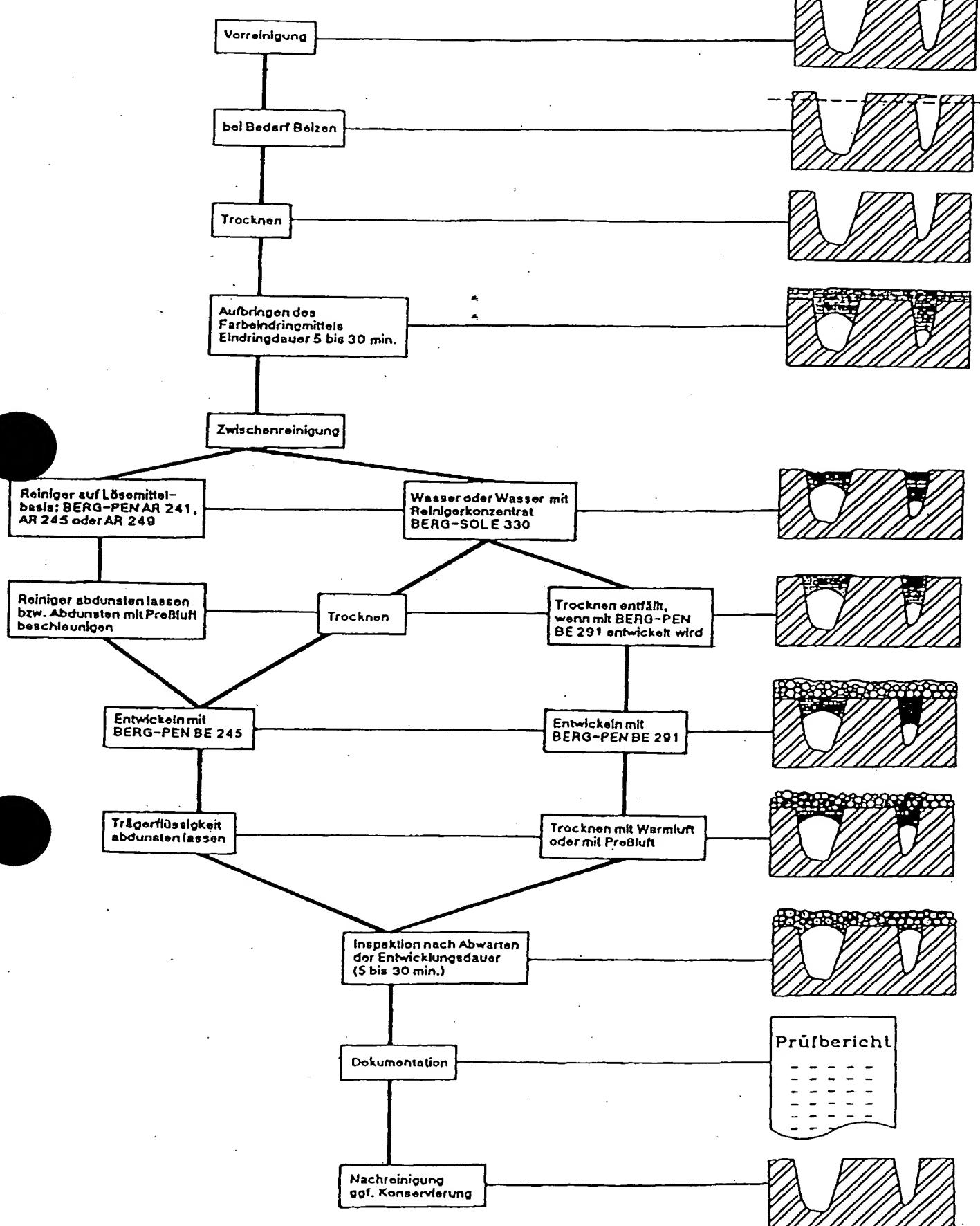


FIG. 1

22.01.99

19

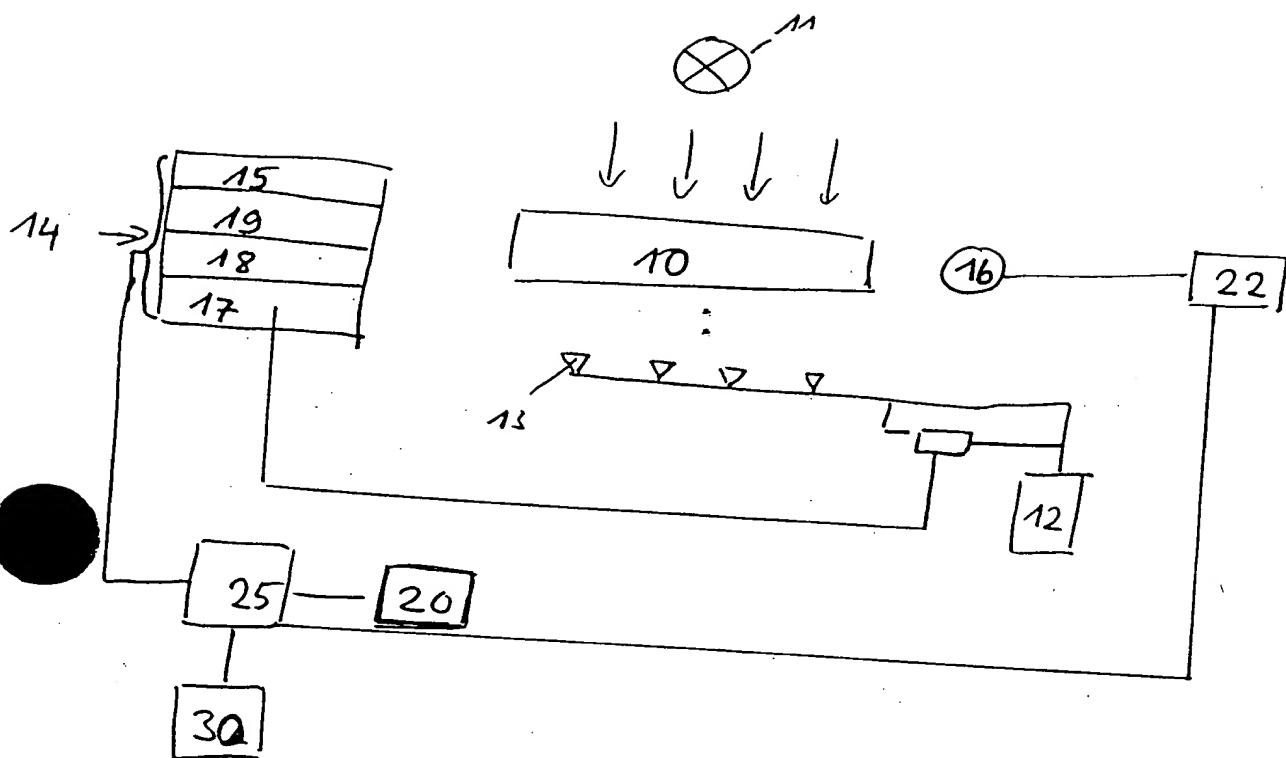


FIG. 2

22-01-99 20

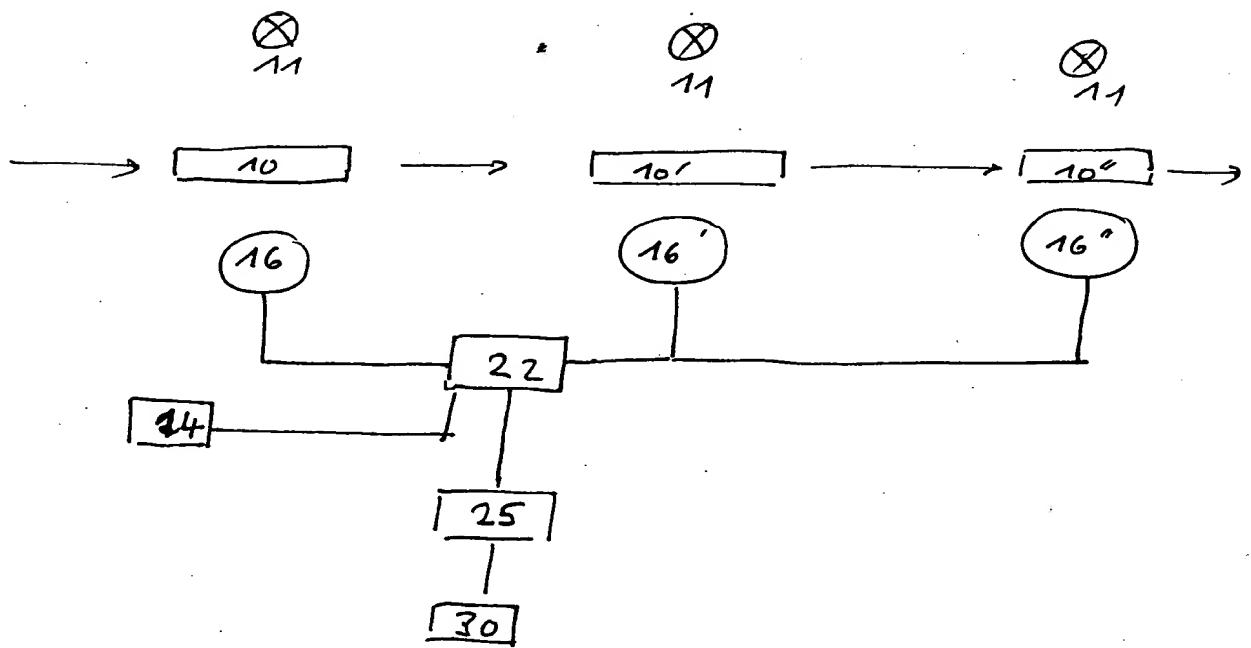


FIG. 3